

## KORRESPONDENZ

## Kurzmiteilung

## Einfluss gängiger Gesichtsmasken auf physiologische Parameter und Belastungsempfinden unter arbeitstypischer körperlicher Anstrengung

Angesichts der pandemischen Ausbreitung von SARS-CoV-2 besteht zunehmende Evidenz für das Tragen von Mund-Nasen-Schutzmasken (MNS) in öffentlichen Räumen als integraler Bestandteil der Hygienemaßnahmen zur Viruseindämmung (1). Aktuell gängige MNS sind die zum Selbstschutz geeignete FFP2-Maske, die chirurgische MNS sowie die im außerklinischen Bereich häufig genutzte Stoffmaske („community mask“). Mit zunehmender Anwendung in der breiten Bevölkerung mehrten sich Berichte, die eine Gesundheitsgefährdung durch das Tragen von Masken suggerieren (2–4). Anders als die Wirksamkeit bei der Infektionsprophylaxe sind die Auswirkungen der genannten Maskentypen auf physiologische Parameter (Blutgase, Vitalparameter) und das subjektive Belastungsempfinden unter Arbeitsbelastung bislang nicht systematisch untersucht worden.

## Methoden

Freiwillige Studienteilnehmer (N = 26) aus der Krankenhausbelegschaft wurden mittels Fahrradergometrie zunächst eine Minute ohne Belastung (Baseline) und dann bei arbeitstypischer Belastung (50/75/100 Watt, für je drei Minuten in direkter Abfolge) mit unterschiedlichen Gesichtsmasken (Stoffmaske, chirurgische MNS, FFP2-Maske) und ohne Maske auf Veränderungen der Blutgase (transkutaner CO<sub>2</sub>-Partialdruck [P<sub>tc</sub>CO<sub>2</sub>], pulsoxymetrische O<sub>2</sub>-Sättigung [SpO<sub>2</sub>]) sowie nichtinvasiv erhobener Vitalparameter (Herzfrequenz, Atemfrequenz, arterieller Blutdruck) untersucht. Die Reihenfolge der Masken war interindividuell unterschiedlich und randomisiert. Ein Maskenwechsel war mit einer fünf- bis zehnminütigen Ruhephase verbunden.

Die erhobenen Parameter wurden mit dem subjektiven Belastungsempfinden (Borg-Skala [6 Punkte entsprechend „sehr, sehr leicht“ bis 20 Punkte entsprechend „sehr, sehr schwer“]) und klinischen Charakteristika (Alter, Body-Mass-Index [BMI], Geschlecht, Nikotinabusus, Hypertonie) korreliert. Zur Detektion einer potenziellen pulmonalen Limitierung erfolgte vor Versuchsdurchführung eine spirometrische Untersuchung in Ruhe. Zudem wurden maskenbedingte Hauptsymptome unter Belastung erfragt. Maskenspezifische Gruppenunterschiede wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt. Bei parametrischer Verteilung wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient verwendet. Ein positives Ethikvotum durch die Ethikkommission der Medizinischen Hochschule Brandenburg liegt vor (E-01–20200527).

## Ergebnisse

24 von 26 Probanden durchliefen alle Bedingungen und konnten mit vollständigen Daten eingeschlossen werden. Zwei Probanden mussten die Untersuchung unabhängig von der verwendeten Maske auf Grund muskulärer Erschöpfung beziehungsweise Gelenksbeschwerden vorzeitig abbrechen. Anhand der Probandencharakteristika (Alter 44,7 ± 11,7 Jahre; 46 % männlich; BMI 25,4 ± 4,3; 26,9 % Raucher; 19,2 % Hypertoniker; FEV1/FVC 101,6 ± 7,4 %) sowie vielfältiger Tätigkeitsbereiche und Fitness-

level kann von einem guten Querschnitt durch die Krankenhausbelegschaft ausgegangen werden.

Unter Belastung stieg der P<sub>tc</sub>CO<sub>2</sub> (entspricht arteriellem CO<sub>2</sub>-Partialdruck) bei allen drei Maskentypen im Vergleich zur Belastung ohne Maske deutlich stärker an (100 Watt: Faktor 2,7 mit FFP2-Maske; Faktor 2,2 mit chirurgischer MNS; Faktor 1,8 mit Stoffmaske; p jeweils < 0,001). Bei 100 Watt fiel die SpO<sub>2</sub> unter der FFP2-Maske stärker ab als bei Belastung ohne Maske (–1,54 % versus –0,71 %, p = 0,005) (Tabelle). Für die Veränderung der Vitalparameter ergaben sich keine maskenspezifischen Unterschiede. Das subjektive Belastungsempfinden war unter der FFP2-Maske durchschnittlich am höchsten (14,6 Punkte auf Borg-Skala), ohne Maske am geringsten (11,9 Punkte). Ein hohes Belastungsempfinden korrelierte über alle Maskentypen (FFP2/chirurgische MNS/Stoffmaske) hinweg mit einer höheren Herzfrequenz (r = 0,737/0,752/0,641; p = < 0,001/< 0,001/0,002) und Atemfrequenz (r = 0,463/0,510/0,503; p = 0,023/0,011/0,012), jedoch nicht mit der Höhe des CO<sub>2</sub>-Anstiegs (r = –0,026/–0,260/–0,380; p = 0,903/0,220/0,080). Relevante Korrelationen zu den klinischen Charakteristika beziehungsweise zur Ruhespirometrie ergaben sich nicht.

Während der Fahrradergometrie beklagten 14 von 24 Probanden maskenspezifische Beschwerden (n = 11 Dyspnoe, n = 4 Kopfschmerzen, n = 2 Hitzegefühl, n = 1 Schwindel); 13 dieser 18 Beschwerdeangaben (72 %) betrafen FFP2-Masken.

## Diskussion

Der Einsatz gängiger Gesichtsmasken führte zu einer messbaren, aber klinisch nicht relevanten Veränderung der Blutgase im Vergleich zur maskenfrenen Belastung. Die maskenspezifischen absoluten Differenzen für P<sub>tc</sub>CO<sub>2</sub>/SpO<sub>2</sub> waren gering (maximal 4,3 mmHg/–1,54 % unter FFP2-Maske). Zudem korrelierten beschriebene Symptome über alle Masken hinweg nicht mit der Höhe des belastungsbedingten CO<sub>2</sub>-Anstiegs oder SpO<sub>2</sub>-Abfalls, sondern mit dem Anstieg von Atem- und Herzfrequenz. Ein kritisches Maß für eine klinisch bedeutsame Hyperkapnie/Hypoxie ist interindividuell sehr verschieden, vom jeweiligen Ausgangswert abhängig und in aktuellen Leitlinien nicht klar definiert. Generell sind Bewusstseinsveränderungen bei Gesunden erst ab PaCO<sub>2</sub>-Werten > 60 mmHg zu erwarten (5), wobei bereits geringere Anstiege des PaCO<sub>2</sub> über eine cerebrale Vasodilatation Kopfschmerzen verursachen können. Eine Identifizierung von Risikogruppen, auf die das Tragen einer Maske im Arbeitsalltag besonders nachteilige Auswirkungen hätte, ist auf Basis unserer Daten nicht möglich. Dennoch erscheint es für Personen mit chronischen Atemwegserkrankungen sinnvoll, FFP2-Masken mit Vorsicht zu verwenden, da bei diesen unter Maskeneinwirkung klinisch bedeutsame Veränderungen der pO<sub>2</sub>- und pCO<sub>2</sub>-Werte beschrieben sind (3). Insbesondere weniger trainierte Personen (starker Herzfrequenzanstieg) scheinen unter allen Maskentypen, vor allem unter der FFP2-Maske, mitunter bereits bei geringerer

TABELLE

**Mittelwerte und Standardabweichung für die maskenspezifische Veränderung der untersuchten Parameter unter Belastung**

|   |          | ohne Maske   | Stoffmaske   | chir. Maske  | FFP2-Maske   | p-Werte           |                   |                   |
|---|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|   |          |              |              |              |              | ohne vs. Stoff    | ohne vs. chir     | ohne vs. FFP2     |
| transkutaner CO <sub>2</sub> -Partialdruck (mmHg) | Baseline | 36,8 ± 3,0   | 36,3 ± 3,8   | 36,4 ± 3,8   | 36,2 ± 4,0   | 0,440             | 0,581             | 0,290             |
|   | 50 W     | 38,0 ± 3,2   | 38,3 ± 4,1   | 38,7 ± 4,0   | 38,6 ± 4,5   | <b>0,003</b>      | <b>&lt; 0,001</b> | <b>&lt; 0,001</b> |
|   | 75 W     | 38,8 ± 3,4   | 39,2 ± 4,0   | 39,6 ± 4,1   | 39,7 ± 4,6   | <b>0,002</b>      | <b>&lt; 0,001</b> | <b>&lt; 0,001</b> |
|   | 100 W    | 38,4 ± 4,3   | 39,1 ± 4,9   | 39,9 ± 4,9   | 40,5 ± 4,9   | <b>&lt; 0,001</b> | <b>&lt; 0,001</b> | <b>&lt; 0,001</b> |
| periphere O <sub>2</sub> -Sättigung (%)           | Baseline | 98,7 ± 0,8   | 98,9 ± 0,5   | 98,9 ± 0,8   | 98,9 ± 0,7   | 0,257             | 0,257             | 0,135             |
|   | 50 W     | 98,2 ± 0,9   | 98,3 ± 0,7   | 98,3 ± 0,7   | 98,3 ± 1,0   | 0,575             | 0,539             | 0,543             |
|   | 75 W     | 98,2 ± 0,8   | 98,1 ± 0,9   | 98,3 ± 0,8   | 98,0 ± 0,7   | 0,266             | 0,503             | <b>0,022</b>      |
|   | 100 W    | 98,0 ± 0,8   | 98,0 ± 1,1   | 97,9 ± 1,2   | 97,4 ± 1,4   | 0,447             | 0,247             | <b>0,005</b>      |
| Atemfrequenz (n/min)                              | Baseline | 14,8 ± 2,2   | 16,0 ± 3,0   | 14,8 ± 2,2   | 15,3 ± 2,2   | <b>0,042</b>      | 0,848             | 0,340             |
|   | 50 W     | 21,5 ± 3,8   | 22,0 ± 2,9   | 21,4 ± 4,1   | 21,4 ± 4,2   | 0,398             | 0,934             | 0,595             |
|   | 75 W     | 25,3 ± 5,1   | 25,2 ± 5,1   | 24,8 ± 5,1   | 24,3 ± 6,8   | 0,258             | 0,732             | 0,334             |
|   | 100 W    | 26,4 ± 6,1   | 29,2 ± 8,4   | 28,2 ± 8,5   | 29,0 ± 9,8   | 0,195             | 0,121             | 0,116             |
| Herzfrequenz (n/min)                              | Baseline | 79,4 ± 15,6  | 79,4 ± 12,7  | 80,0 ± 13,7  | 79,3 ± 14,4  | 0,984             | 0,746             | 0,978             |
|   | 50 W     | 103,5 ± 16,3 | 103,4 ± 16,5 | 102,9 ± 17,1 | 104,6 ± 18,1 | 0,939             | 0,482             | 0,373             |
|   | 75 W     | 117,8 ± 22,5 | 117,8 ± 21,7 | 117,1 ± 21,8 | 119,6 ± 23,8 | 0,978             | 0,293             | 0,312             |
|   | 100 W    | 129,8 ± 25,1 | 131,5 ± 25,2 | 130,0 ± 26,0 | 132,1 ± 26,9 | 0,433             | 0,787             | 0,174             |
| RR systolisch (mmHg)                              | Baseline | 127,8 ± 14,6 | 130,1 ± 18,2 | 129,5 ± 15,1 | 126,7 ± 16,1 | 0,305             | 0,456             | 0,603             |
|   | 50 W     | 141,1 ± 18,5 | 143,2 ± 22,4 | 142,5 ± 16,7 | 141,5 ± 15,5 | 0,905             | 0,946             | 0,632             |
|   | 75 W     | 150,7 ± 17,9 | 152,6 ± 22,1 | 157,8 ± 21,6 | 157,7 ± 19,0 | 0,921             | 0,201             | 0,110             |
|   | 100 W    | 166,3 ± 21,3 | 165,5 ± 21,6 | 170,8 ± 22,6 | 173,3 ± 19,2 | 0,448             | 0,424             | 0,082             |
| RR diastolisch (mmHg)                             | Baseline | 74,7 ± 8,9   | 72,2 ± 9,9   | 74,3 ± 8,5   | 73,3 ± 9,3   | 0,151             | 0,862             | 0,352             |
|   | 50 W     | 79,4 ± 7,7   | 77,8 ± 11,2  | 77,9 ± 6,2   | 79,3 ± 10,4  | 0,698             | 0,529             | 0,485             |
|   | 75 W     | 80,1 ± 9,7   | 80,6 ± 13,9  | 82,0 ± 9,9   | 82,0 ± 12,3  | 0,358             | 0,408             | 0,234             |
|   | 100 W    | 86,0 ± 9,6   | 81,4 ± 13,4  | 85,8 ± 10,2  | 86,8 ± 10,3  | 0,475             | 0,944             | 0,289             |

Mittelwerte und Standardabweichungen für die erhobenen Parameter bei den verschiedenen Belastungsstufen für: ohne Maske; Stoffmaske (Artikel 453–3 333/090–001 aus Mikrofilament-Gewebe, Karl Dieckhoff GmbH & Co. KG, DIN EN 13795); chirurgische Mund-Nasen-Schutzmaske (Sentinex Lite Surgical Face Mask, L&R, Leistungsstufe Typ II 57 gemäß DIN EN 14683); FFP2-Maske (Aura Atemschutzmaske 1862 + FFP2, EN 14683, EN 149:2001 + A1:2009); p-Werte < 0,05 sind fett hervorgehoben. Da die Studie eine relativ geringe Probandenzahl aufweist und kein primärer Endpunkt definiert war, sind die p-Werte rein deskriptiv und nicht für Multiplizität adjustiert. Um eine vorbelastungsbedingte Verfälschung der Ergebnisse zu vermeiden, wurden für jeden Probanden für alle Parameter je Wattstufe und Maskentyp die Differenzen zum Baseline-Wert ermittelt (beispielsweise PtcCO<sub>2</sub> bei 50 Watt ohne Maske – PtcCO<sub>2</sub> – Baseline ohne Maske). Sämtliche Ergebnisse der statistischen Analysen beziehen sich auf die Differenzwerte.

Belastung, Symptome wie Dyspnoe, Kopfschmerzen, Hitzegefühl oder Schwindel zu verspüren. Anhand des aufgezeigten Zusammenhangs zwischen dem Belastungsempfinden und der Dichtigkeit einer Maske ist nicht auszuschließen, dass der gemessene Anstieg des P<sub>tc</sub>CO<sub>2</sub> unter der FFP2-Maske ursächlich für die hohe gefühlte Belastung und subjektive Beschwerden ist, wobei unklar bleibt, inwiefern somatische oder psychische Faktoren eine Rolle spielen. Nur die Akzeptanz von Schutzmaßnahmen führt zu einer ausreichenden Umsetzung in Belegschaft und Bevölkerung, was Berücksichtigung in den Planungen der Maskenkonzepte der Krankenhäuser finden sollte.

Zusammenfassend scheint eine kurzfristige hohe Arbeitsbelastung unter gängigen im Krankenhaus eingesetzten Maskentypen einen messbaren, jedoch klinisch nicht relevanten Einfluss auf die Blutgase und Vitalparameter bei Menschen im arbeitsfähigen Alter ohne bekannte kardiopulmonale Grunderkrankung zu haben. Unmittelbare Auswirkungen des CO<sub>2</sub>-Anstiegs auf beschriebene Symptome beziehungsweise Gesundheitsrisiken durch das längerfristige Tragen der Masken sind nicht auszuschließen, aber bei den beschriebenen Zusammenhängen eher unwahrscheinlich.

**Christian Georgi, Anja Haase-Fielitz, Daniel Meretz, Linda Gäsert, Christian Butter**  
Abteilung für Kardiologie, Immanuel Klinikum Bernau, Herzzentrum Brandenburg (Georgi, Haase-Fielitz, Meretz, Gäsert, Butter) christian.georgi@immanuelalbertinen.de  
Medizinische Hochschule Brandenburg (MHB) „Theodor Fontane“ (Georgi, Haase-Fielitz, Meretz, Butter)  
Fakultät für Gesundheitswissenschaften (FGW) Brandenburg (Haase-Fielitz, Butter)

Institut für Sozialmedizin und Gesundheitssystemforschung, Medizinische Fakultät, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (Haase-Fielitz)

**Interessenkonflikt**

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

**Manuskriptdaten**

eingereicht: 15. 6. 2020, revidierte Fassung angenommen: 20. 8. 2020

**Literatur**

- Marais BJ, Sorrell TC: Pathways to COVID-19 „community protection“. Int J Infect Dis 2020; 96: 496–9.
- Süddeutsche Zeitung Digitale Medien: Ausatmen unterm Mundschutz: Ist das gefährlich? München: Süddeutscher Verlag, 24. April 2020; www.sueddeutsche.de/gesundheits/gesundheits-ausatmen-unterm-mundschutz-ist-das-gefaehrlich-dpa-urn-newsml-dpa-com-20090101-200424-99-817587 (last accessed on 08 June 2020).
- Kyung SY, Kim Y, Hwang H, Park JW, Jeong SH: Risks of N95 face mask use in subjects with COPD. Respir Care 2020; 65: 658–64.
- Fikenzler S, Uhe T, Lavall D, et al.: Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity (epub ahead of print, 6 July 2020). Clin Res Cardiol 2020; 109: 1–9.
- Drechsler M, Morris J: Carbon dioxide narcosis. (Updated 20 December 2019). In: StatPearls; Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020; www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551620/ (last accessed on 8 June 2020)

**Zitierweise**

Georgi C, Haase-Fielitz A, Meretz D, Gäsert L, Butter C: The impact of commonly-worn face masks on physiological parameters and on discomfort during standard work-related physical effort. Dtsch Arztebl Int 2020; 117: 674–5. DOI: 10.3238/arztebl.2020.0674

Dieser Beitrag erschien online am 11. 9. 2020 (online first) auf www.aerzteblatt.de.

► Die englische Version des Artikels ist online abrufbar unter: [www.aerzteblatt-international.de](http://www.aerzteblatt-international.de)